

研究報告

印刷級脫墨漿的漂白研究

蘇裕昌^{1,2)} 陳鴻財¹⁾

摘要

本論文探討以不含氯氣之漂白劑進行再生纖維，回收新聞紙、回收影印紙及回收染色紙的電話簿紙(ONP、OXP、OTB)為原料之脫墨再生紙漿的漂白作業，以達到研製高品質、高白度紙漿之需求。再生新聞脫墨漿以氧化劑配合還原劑漂白之各漂白流程，可漂至超過原紙的白度，多段漂白更可漂至白度 60% ISO 以上，且其漂白收率亦高。回收影印紙脫墨漿的漂白，以 FAS 或 H₂O₂ 單段漂白在添加量 2% 時二者均可提升白度至 80% 左右，且漂白後白度安定性有明顯的改善。漂白活性化劑(TAED)處理之 H₂O₂ 漂白較單純 H₂O₂ 漂白者可提升約 3% ISO 白度。有色廢紙以兩段過氧化氫配合漂白活性化劑處理之 H₂O₂ 修飾漂白最終白度，白度可達 70% ISO 以上，若再經 FAS 處理則白度更可達 74.7% ISO。有色廢紙再生漿的漂白如舊電話簿紙脫墨漿的次氯酸鹽、過氧化氫漂白即先經 1-5% 次氯酸鹽(NaOCl)浸漬後，再行過氧化氫漂白，白度增加值隨著 H₂O₂ 用量而增加。以不同濃度 H₂O₂ 漂白，白度無論次氯酸鹽段之使用量，每提升一度所需 H₂O₂ 消費量(最小量)，以 10% H₂O₂ 漂白為最佳，各漂白條件最終白度可達 70% ISO 左右。考慮經濟成本及紙漿品質等因素，以 3% 次氯酸鹽浸漬及 H₂O₂ 用量在 10% 時為最佳之漂白條件，白度可達 69% ISO。5% 次氯酸鹽處理再經 15% H₂O₂ 處理及添加 H₂O₂ 活性化劑之 2% H₂O₂ 漂白白度可達 74.4% ISO。再經還原處理，白度未明顯增加。此與只採過氧化氫漂白者不同，過氧化氫漂白後經 FAS 處理則白度提升。有色廢紙在不同有效氯浸漬後，以 5-15% H₂O₂ 不同用量之 Hypo·H₂O₂ 漂白系統處理之紙漿，紙漿纖維間之鍵結增加，且纖維較為平整，紙張密度隨漂白劑用量增加而增加，相對的各種紙力如抗張指數、破裂指數及耐摺力亦隨之增加。

關鍵詞：漂白性、過氧化氫漂白、舊電話簿紙、過氧化氫活性化劑、次氯酸鹽加過氧化氫(Hypo·H₂O₂)漂白系統。

蘇裕昌、陳鴻財。1999。印刷級脫墨漿的漂白研究。台灣林業科學 14(2): 187-196。

Research paper

Bleaching of Deinked Printing and Writing Paper Pulps

Yu - Chang Su^{1,2)} and Horng - Tsai Chen¹⁾

[Summary]

The purpose of this study is to establish elemental chlorine-free bleaching sequences to bleach deinked pulp (DIP) from old newspaper (ONP), old xerographic paper (OXP), and old telephone books (OTB). Oxidative and reductive bleaching agents were used to produce pulps with higher

¹⁾台灣省林業試驗所木材纖維系，台北市 100 南海路 53 號 Division of Wood Cellulose, Taiwan Forestry Research Institute, 53 Nanhai Rd., Taipei 100, Taiwan, ROC.

²⁾通訊作者 Corresponding author

1998 年 11 月送審 1999 年 1 月通過 Received November 1998, Accepted January 1999.

brightness and better quality. Single-stage oxidative (H_2O_2) or reductive (FAS) bleaching and the combination of these 2 stages of (H_2O_2 -FAS) bleaching were carried out. Single-stage bleaching gave pulps having increased brightness over base papers, while 2-stage bleaching gave resulting pulps with brightnesses of more than 60% ISO and higher yields. Either H_2O_2 or FAS alone at 2% dosages could bleach DIP from OXP to more than 80% ISO brightness, while providing the bleached pulp with better brightness stability. Colored OTB paper could be bleached with 2-stage H_2O_2 bleaching and an activation reagent, TAED, to a brightness of 70% ISO or greater. Further treatment with FAS increased the brightness up to 74.4% ISO. When DIP from colored waste paper was treated with 1-5% hypochlorite prior to bleaching with 5-15% H_2O_2 , brightness gain of the resulting pulp tended to correlate with the concentration of H_2O_2 . Based on unit brightness gain, the best efficiency was obtained at 10% H_2O_2 dosage, with all resulting pulps having brightnesses of about 70% ISO. A combination of 3% hypochlorite and 10% H_2O_2 which gave pulp brightness of 69% ISO was recommended. Maximal treatment conditions of 5% hypochlorite, 15% H_2O_2 , and 2% TAED gave a pulp brightness of 74.4% ISO. Upon reductive bleaching treatment, however, this pulp did not show brightness gain as was the case with 2-stage H_2O_2 bleaching. Combined hypochlorite- and hydrogen peroxide-treated pulp tended to have improved inter-fiber bonding and smoother surfaces. Density and such properties as tensile and bursting strengths and folding endurance of handsheets from bleached pulp also increased with increased bleaching agent dosage.

Key words: bleachability, hydrogen peroxide bleaching, old telephone books, activation agent, hypo · H_2O_2 bleaching system.

Su, Y. C., and H. T. Chen. 1999. Bleaching of deinked printing and writing paper pulps. *Taiwan J. For. Sci.* 14(2): 187-196.

緒言

國內廢紙利用率 (waste paper utilization rate) 自十多年前已高達 75%，1997 年為 73.4%，而廢紙回收率 (waste paper recovery rate) 十年來的平均值為 55.9%，1997 年為 55.0% (TPIA, 1998)。廢紙回收利用之優點不勝枚舉，不但減少能源、資源的消耗及減少二氧化碳的排放，而且減少對森林的依賴等。但廢紙回收做為造紙的原料有其理論回收使用率限制，超過此限往往會造成產品品質或操作上之問題 (Nakajima, 1995)。事實上國內森林資源的缺乏、木材資源的保護及廢紙年年增多，提高再生纖維的利用率為目前造紙工業中相當重要之課題。因而以再生纖維研製高白度紙漿為提高再生紙漿利用之相當重要一環。

目前全世界各國皆以無氯紙漿、無公害漂白為訴求來製造無氯紙漿 (chlorine-free pulp)，但目前除北歐各國外，一般製備高白度紙漿仍採用氯氣，或以二氧化氯代替氯氣系統之漂白劑，可減少廢水污染及有機氯化物。回收廢紙由各種紙漿混合，不易漂至均

一白度，其中包含的變數有化學紙漿中少量之硫酸鹽木質素、高收率紙漿中之未蒸解木質素及染料與油墨等。

有關低氯或無氯漂白包含臭氧漂白等研究，筆者等 (Su and Sun, 1995; Su and Chen, 1998; Su *et al.*, 1998) 及世界各國已有相當數目之研究，應用在原生紙漿之漂白上 (Hosoya, 1985; Hijiya, 1994; 1995a, b)，而臭氧或含臭氧漂白流程用於再生纖維之研究目前並不是太多 (Muguet *et al.*, 1993; Lierop *et al.*, 1995)。

過氧化氫 (H_2O_2) 是目前 TCF 漂白製程不可或缺的漂白劑，最主要的是過氧化氫漂白具高去除木質素效應及增加白度效果 (Lapierre *et al.*, 1995)。鑒因環境及市場壓力等因素，更多焦點集中在完全無氯漂白 (TCF) 的方式，以回收纖維作為抄造高品質紙類之原料，有其成長急迫性，故漂白藥品所扮演角色也愈形重要。廢紙回收纖維中，除了由纖維素、半纖維素及木質素所組成之未漂漿外，尚有一些脫墨藥品、殘餘油墨成分及與製程無關之雜質 (Sain *et al.*, 1997) 因此回收纖維漿以傳統式漂白製程欲得到良好的漂白效應，需要付出更多

心力與多方研究。

本文以不含氯氣漂白劑進行回收新聞脫墨漿及影印紙脫墨漿的漂白，並以次氯酸鹽·過氧化氫(Hypo·H₂O₂)漂白系統進行有色廢紙脫墨漿的漂白以外，同時探討各流程之漂白性質及漂白對紙張性質的影響。

材料與方法

一、試驗材料

(一)舊新聞紙(Old newsprint paper; ONP, 市售), 收集 1996 年 8 月時段三個月內閱後之舊新聞紙。

(二)影印用紙(Old xerox paper; OXP), 以影印機印滿相同字數之中文字體的影印用紙, 作為影印紙之回收試驗用紙。

(三)有色廢紙(Colored waste), 1997 年 7 月由中華電信公司提供之黃色電話簿紙(OTB)。

二、試驗方法

(一)紙漿製備

將回收之新聞紙(ONP)及舊電話簿紙(OTB), 經一晝夜浸泡, 俟完全、散漿後進行篩選, 脫水後測定紙漿含水率以備後續試驗之用。

Table 1. Bleaching condition and chemicals added in Z, E, P, FAS bleaching stages¹⁾

	Chemical charge (%, of ovedry pulp)	Treatment condition
Z	Z: 1-4%	Temp: ambient pH: 2.0 Pulp conc.: 35%
P	H ₂ O ₂ : 2% Na ₂ SiO ₃ : 1% NaOH: 0.5% Mg ⁺⁺ /MgSO ₄ : 0.005%	Temp: 80°C Time: 100 min Pulp conc.: 10%
E	NaOH: 2%	Temp: 70°C Time: 60 min Pulp conc.: 10%
FAS	FAS: 1% NaOH: 0.2%	Temp: 70°C Time: 120 min Pulp conc.: 5%

¹⁾Z: Ozone, P: H₂O₂, E: NaOH, FAS: Formamidic Sulfonic acid.

(二)散漿脫墨

取用上述之適量漿料, 依前報(Su *et al.*, 1995)脫墨條件進行洗滌及脫墨作業。脫墨藥劑(對絕乾漿)用量如下, 洗滌脫墨: NaOH 2%, H₂O₂ 2%, Na₂SiO₃ 3%, 脫墨劑(R-60, 日本明成化工株式會社) 0.2%, 肥皂 0.5%, 紙漿濃度 10%, 時間 30 min, 溫度 40°C。浮選脫墨: NaOH 1%, Na₂SiO₃ 3%, 肥皂 0.5%, 脫墨劑(R-60)0.3%, 漿濃度 0.6%, 時間 30 min, 溫度 40°C。

(三)臭氧漂白處理

變化臭氧漂白不同處理地點, 如散漿脫墨及浮選前後進行臭氧漂白作業, 在不同室溫及 pH 2.0 的條件下進行臭氧漂白。依前報(Su *et al.*, 1998 b)之臭氧漂白處理方法並定量之。

(四)各段漂白(Z, P, E, FAS)條件及藥品的添加依 Table 1 之藥品添加量及處理方法進行各段之漂白作業。

(五)使用過氧化氫活性化劑漂白

TAED (tetra acetyl ethylene diamine) 為過氧化氫漂白之活性化劑, 取用脫墨後之適量漿料, 裝入耐熱之塑膠袋內, 先加入 0.4% DT-PA, 3.35% TAED(均對絕乾漿), 並用手揉搓 30 min 後依次加入 3% 矽酸鈉, 1% NaOH、2% H₂O₂, 55°C 下保持 15 min (Japan patent, 1992)。

(六)有色廢紙脫墨漿的次氯酸鈉·過氧化氫(NaOCl·H₂O₂)漂白系統

取適量漿料(OTB 脫墨後紙漿)以濃度 1%, 3%, 5% NaOCl 溶液於 20°C 下浸漬 10 min 後完全洗淨, 再進行用量 5%, 10%, 15% 之 H₂O₂ 漂白, 漂白後測定其 H₂O₂ 消費量, 紙漿卡巴值、收率、游離度及白度。

(七)脫墨漿漂白處理後之測試

- 紙張 PC 價(Post color): 依據前報(Su *et al.*, 1995)的測試方法進行紙張 PC 價之測定。
- 物理性質: 依據前報(Su *et al.*, 1995)的測試方法進行紙張物理性質, 包括基重、抗張強度、破裂強度、耐摺力、綜合強度(Sekine, 1961)等各項測定及評估。

Table 2. Ozone bleaching of old newspaper (ONP)

Ozone (%)	Brightness (% ISO)	Kappa no.
1.10	54.3	89.12
1.94	53.4	84.63
2.23	59.3	83.75
3.03	57.0	82.58
3.62	54.4	-
4.18	57.2	-

結果與討論

一、脫墨漿的臭氧處理

(一)舊新聞紙(ONP)脫墨漿的漂白

回收新聞紙的脫墨，以洗滌法即可顯示相當優良的脫墨效率(Su *et al.*, 1995)，因此新聞紙脫墨漿，分別在脫墨前及脫墨後進行臭氧漂白，但處理位置對漂白結果及脫墨效率沒有明顯差異，因此不再詳加討論。脫墨漿在臭氧漂白作業下(Table 2)以1.0-4.0%之不同添加量漂白時的白度，結果顯示在近2.0%時有最佳之白度值59.3%，超過此即使增加臭氧使用量也無法使脫墨漿增白，可能連帶損失收率。主要原因可推論為回收新聞紙中含有多量的機械紙漿，在臭氧處理段後的卡巴值仍在85左右，經過相關試驗的論證(Sain *et al.*, 1997)，以臭氧單段漂白並不適用於含有大量磨木漿之漂白，且臭氧漂白應

Table 3. Effect of chemical charges on a Z-E-P bleaching for old newspaper(ONP)

O ₃ (Z, %)	NaOH (E, %)	H ₂ O ₂ (P, %)	Brightness (% ISO)	Kappa no.
0.59	2	0.5	56.6	79.50
		1.0	60.4	79.19
		2.0	61.0	78.19
1.16	2	0.5	56.5	77.84
		1.0	58.5	77.35
		2.0	61.4	76.14
2.23	2	0.5	58.5	82.63
		1.0	59.2	78.62
		2.0	64.7	74.44

用于回收脫墨漿的漂白並非是脫木質素反應，而是要將發色團脫色或變淡及除去低分子水溶性物質，因此臭氧使用量不宜過高。

Table 3 為回收新聞紙脫墨漿 Z-E-P 三段漂白後之白度及去木質素狀況，臭氧及過氧化氫不同添加量下，白度最高可達 64.7% ISO (O₃: 2.23%; H₂O₂: 2%)，漂白劑添加量高有較高白度，但相對的亦可能有較大的收率損失。最近雖有使用較高白度新聞紙如 60-62% ISO 的趨勢，事實上，大多數新聞紙的原紙白度為 55-58% ISO (Su and Sun, 1995)。以單段臭氧漂白即可達成，勉強提昇白度亦非上策，故應視漂白前材料及脫墨漂白漿之最終用途，判斷漂白流程及目標白度。因此建議以 0.6% 臭氧及 1% H₂O₂ 漂白 60% ISO，可達到 ONP 脫墨漿漂白的目的。

Table 4 為 Z-E-P 漂白流程中各段紙漿及漂白紙漿白度之色調。漂白後代表紙張的明亮度的 L* 值增大，隨漂白程度增大而變大。代表紅綠軸的 a* 值變小，a* 值減少顯示往綠色變化，但 L*, a* 值變化量不大。代表黃藍軸的 b* 值變大顯示往黃色變化，由 b* 值的變大，脫墨漂白漿有明顯的變黃現象，空白組的 b* 值為 3-4，經 Z 段漂白後即變大成 9.91，鹼萃段更增大成 13.17，再經過氧化氫的漂白使 b* 變小至 8.82，主要的原因可推論為在脫墨漂白過程中鹼的存在所導致。雖說一般新聞原紙對白度 50-60% ISO 已符使用要求，而且以 Z-E-P 漂白已能得到可應用為新聞用紙之要求，然而為提高使用範圍，製備高白度及具優

Table 4. L*, a*, and b* values of old newspaper(ONP) pulp after Z-E-P sequence

Charge (%)	Brigtness (% ISO)	L*	a*	b*
Z 2.23	59.3	86.09	-1.17	9.91
E 2.0	52.9	84.82	-1.14	13.17
P 2.0	64.7	88.58	-2.34	8.82
NPA ¹⁾	60.4	83.24	-0.73	3.05
NPB ²⁾	55.3	80.77	-1.57	3.93

¹⁾NPA : Newsprint A.

²⁾NPB : Newsprint B.

Table 5. Brightness of deinked old newspaper(ONP) after various multi-stage bleaching sequences

Bleaching sequence	Brightness (% ISO)
Z-P-FAS	55.2-58.3-55.6
Z-FAS-P	55.2-55.5-59.3
Z-E-FAS-P	57-47-52.0-60.5

¹⁾DIP Brightness 57.0% ISO; Z: O₃ charge 1.0%; FAS: charge 0.4%; P: H₂O₂ 1.5%; E: NaOH 2.0%.

良白度安定性的脫墨再生漿以做為文化用途等高級紙的原料已為目前之趨勢。一般新聞紙的氧化漂白劑採用過氧化氫，還原漂白劑則採用低亞硫酸鈉 (Na₂S₂O₄) 或甲眯亞磺酸 (formamidine sulfonic acid, FAS)。

FAS 是一種還原性的漂白劑，對回收纖維紙漿白化及白度安定作用扮演重要角色 (Kronis, 1996)，添加 FAS 可使用於散漿機、漂白塔或分散機，但使用 FAS 必須明瞭製程參數如溫度、時間、鹼度及濃度，例如較高濃度反會降低 FAS 之效率，應考慮最終使用之目的、木材纖維含量、色澤及存在染料之特性等。Table 5 為氧化、還原漂白劑各種組合漂白流程之紙漿白度，其中以 Z-FAS-P 及 Z-E-FAS-P 較具良好漂白效果，白度可維持在 60% ISO 之水準。Z-E-FAS-P 即先行氧化、鹼萃後再將半漂白漿進行還原漂白，再以少量過氧化氫加以最終的修飾漂白。

Table 6 為 ONP 脫墨漿經不同含量過氧化氫及 FAS 之二段漂白流程(P-FAS)之結果，隨過氧化氫漂白劑添加量增加(2% 以下)而有較

Table 6. Effect of hydrogen peroxide and FAS dosages on deinked old newspaper(ONP)

H ₂ O ₂ (%)	Brightness ¹⁾		Color difference ΔE ²⁾
	H ₂ O ₂	FAS	
0.5	58.1(5.22)	59.2(4.47)	1.74
1.0	60.9(5.31)	60.4(5.08)	2.24
1.5	61.8(6.37)	60.1(4.71)	1.46
2.0	63.3(5.48)	59.5(5.93)	1.97

¹⁾Brightness : (% ISO).

²⁾ΔE: Color difference of resulting pulp after H₂O₂ and FAS stages.

Table 7. Effects of ozone treatment on bleaching of old xerographic paper (OXP)

Stage	Concentration (%)	Brightness (% ISO)
Control (Xerox paper)	—	81.1
Before alkali dipping	30	82.8
After alkali dipping	30	82.0
During flotation	—	82.3
Deinked pulp	4	85.5

佳之白度，但以 FAS 處理後白度皆下降(除 H₂O₂ 用量 5% 者外)，原因可能有待進一步探討。以還原劑處理後 PC 價有減少的傾向顯示稍佳之白度安定性。在 H₂O₂ 1% 添加量漂白後再行還原能得到較高的色差值。顯示在 H₂O₂ 1% 漂白後，FAS 能發揮較大之效果。但若工廠流程稍作改善，如過氧化氫以二段方式添加，紙漿白度可達 70% ISO 以上。

(二)影印用紙(OXP)脫墨漿的漂白

辦公室廢紙主要組成爲化學紙漿，比新聞紙及雜誌紙具有較高的強度及白度，爲理想的回收纖維來源，可製造高品質的文化用紙。Table 7 爲在四個不同時程(散漿前、散漿後、浮選時、脫墨後)進行臭氧處理所得紙漿白度及脫墨效率，結果顯示雖然各處理段變化不大，但在脫墨劑添加前後進行有較佳之脫墨效率及白度，主要是處理濃度較高具有較佳之反應性，但考慮操作性脫墨後再行漂白爲佳。

Table 8 爲影印用紙回收漿分別以 H₂O₂ 及 FAS (P-FAS)二段漂白之白度，FAS 還原處理後亦僅有些微之改善。因此 OXP 脫墨漿僅以

Table 8. Effect of hydrogen peroxide and FAS addition on brightness value of old xerographic paper(OXP)

Dosage (%)	H ₂ O ₂	FAS
	Brightness (% ISO)	Brightness (% ISO)
Blank	75.6(1.79) ¹⁾	---
0.5	78.9(0.75)	79.3(0.94)
1.0	78.9(0.44)	80.1(0.73)
1.5	80.2(1.20)	80.8(0.85)
2.0	79.8(0.88)	80.3(0.92)

¹⁾PC number.

H₂O₂ 漂白即可達到理想之白度。代表脫墨漿漂白後白度安定性的 PC 價維持在 1.0 左右或以下，較未脫墨漿的 1.79 有明顯的改善。

二、有色廢紙(舊電話簿紙)脫墨漿的漂白

電話簿紙及商品用淺色澤帳冊之纖維來源品質較高，二者雖具可回收性，但染料的存在是一個問題，較不為廢紙處理商所接受，主要的困難度不在於油墨之去除，而在其染料如何去除。一般造紙業者使用酸性、陽性及直接染料來將漂白化學紙漿染色，而使用鹽基性染料於機械漿及未漂白漿(Dumont *et al.*, 1994)。這些染料之脫色性，受諸多因子影響，如染料本身的性質、纖維來源、種類及其中所含的造紙添加劑。特殊化學藥劑能打破染料分子結構，染料可以使用氧化性漂白(過氧化氫、氧漂或次氯酸鈣)、還原性漂白(低亞硫酸鈉、FAS)等或氧化-還原組合來去除。

(一) OTB 的 H₂O₂ 漂白及添加活性化劑(TAED)之修飾增白效果

脫墨漿一般以漂白方式改善白度，同時並加入螯合劑(chelating agent)以阻止漂白藥品之分解，當銅、鐵、錳等金屬離子的存在下使過氧化物或亞硫酸鈉發生分解作用，而減低漂白效應(Ni *et al.*, 1997)。因此在進行 H₂O₂ 漂白之際，金屬錳必需從紙漿中除去。一般在 H₂O₂ 漂白前以螯合劑如 EDTA 或 DTPA 處理，形成螯合劑與無機性化合物間的化學複合物，如此便能夠從紙漿中除去。

Table 9. Brightness of old telephone books(OTB) after different sequences

Sequence	Brightness (% ISO)
DIP	50.9
DIP-H ₂ O ₂ (2%)	55.9
DIP-H ₂ O ₂ (2%)* ¹⁾	58.2
DIP-H ₂ O ₂ (2%)*-H ₂ O ₂ (10%)	68.5
DIP-H ₂ O ₂ (2%)*-H ₂ O ₂ (8%)-H ₂ O ₂ (2%)	67.4
DIP-H ₂ O ₂ (2%)*-H ₂ O ₂ (15%)	70.6
DIP-H ₂ O ₂ (2%)*-H ₂ O ₂ (12%)-H ₂ O ₂ (3%)	71.2
DIP-H ₂ O ₂ (2%)*-H ₂ O ₂ (15%)-FAS	74.7

¹⁾Addition of 3.35% TAED.

TAED (tetra acetyl ethylene diamine) 作為過氧化氫漂白之活性化劑，與 H₂O₂ 反應可產生過醋酸(peracetic acid)來改善其漂白效率(Japan patent, 1992; Leduc *et al.*, 1997)。Table 9 之舊電話簿脫墨漿原始白度為 50.9% ISO，經過 2% 過氧化氫漂白後白度為 55.9% ISO，在過氧化氫漂白中添加活性化劑 TAED 處理可增加至 58.2% ISO，顯示活性化劑可提昇約 3% 左右，再增加一段 10% H₂O₂ 或 15% H₂O₂ 漂白則白度分別提昇至 68.5% 及 70.6%。若將後續的過氧化氫漂白分成二段則可再提昇至 71.2% ISO。

(二) Hypo · H₂O₂ (NaOCl · H₂O₂) 之系統漂白

次氯酸鹽應用於紙漿的漂白很廣，因為能夠破壞大部分有色紙漿之染料，其去色能力優於 H₂O₂，而做為脫墨漿的漂白。當料源之色紙含量增加時，無法漂至理想白度，影響成品的價格及品質。必須將色紙經過適當脫色方法，以製造品質好的白色漿，傳統上以 Hypo 作為脫色劑。但迫因環保壓力，必須轉換製程以去除有機氯化合物之生成。最近幾年 H₂O₂ 作為各種紙漿漂白藥品有逐漸成長之趨勢，原先 H₂O₂ 用以漂白機械漿，且對環境言使用上較為安全，但為了漂白藥品的價格因素及漂白漿的最終目的乃配合採用次氯酸鹽段漂白。脫墨漿如含 10-15% 以上之機械漿時應使用 H₂O₂，Na₂S₂O₄ 及 FAS 還原劑來進行紙漿的脫

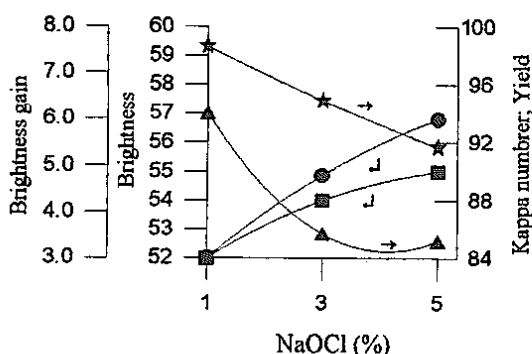


Fig. 1. Bleaching results of OTB deinked pulp by NaOCl · H₂O₂ system. ■: Brightness; ●: Brightness gain; ▲: Kappa number; ★: Yield.

色，將木質素去除，不致於降低紙漿收率太多。Hypo · H₂O₂ 系統漂白一般應用於半化學漿之漂白，半化學漿之卡巴值在 100-120 左右 (Okubo and Ishikawa, 1985)，舊電話簿脫墨漿之卡巴值在 100 左右，因此可做為此種脫墨漿漂白之參考。

舊電話簿脫墨漿於 1%，3%，5% 次氯酸鹽在 20℃ 下浸漬後，分別再經不同含量 (5, 10, 15%) 的 H₂O₂ 漂白並進行紙張物性之比較分析。各段在 Hypo 處理的白度改善不大，收率分別為 98.63%，94.90%，91.68%。各段之白度改善分別為 3.0%，4.8% 及 6.0% ISO (Fig. 1)。Hypo 處理後分別以 5%，10%，15% 之過氧化氫漂白之結果顯示如 Fig. 2。以 5% H₂O₂ 漂白之白度可達 60%，以 10% H₂O₂ 漂白則均可達 65% ISO 以上，甚至在 5% hypo 以 10% H₂O₂ 處理後紙漿可達 70% ISO 以上。Table 10 為 OTB 的 DIP 經 hypo 5% 處理後再配合 H₂O₂ 處理之結果，經高添加量 H₂O₂ (15%) 漂白再經添加 TAED 的 H₂O₂ 2% 漂白的修飾可將紙漿漂白至 74.4%，若將 15% 分兩段添加則有再提升之空間。脫墨漿經 5% NaOCl 浸漬處理後，先以 H₂O₂ 漂白後再經 TAED 活性藥劑處理會得到最佳之漂白效果，故含機械紙漿之回收廢紙漂白作業，以此漂白流程最為適當。若將 H₂O₂ 2% 之活性化劑組與大量 H₂O₂ 添加組之次序對調則白度應有

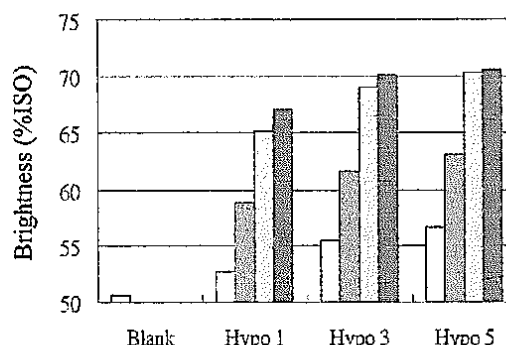


Fig. 2. Effect of different H₂O₂ charges on brightness of OTB. □: Control; ■: 5% H₂O₂; ▨: 10% H₂O₂; ■: 15% H₂O₂.

3-5% ISO 改善之空間。

Table 11 為 OTB 脫墨漿經不同漂白段及 FAS 處理後之白度與 PC 價關係。脫墨漿依原先設定先以 5% NaOCl 處理，則不論何種後續漂白製程，最終 PC 價顯現相當不穩定性，此乃因高收率紙漿含大量木質素經氧化劑短暫處理浸漬，顯現不穩定之發色團，再經高溫作用所致。僅經由 H₂O₂ 漂白的 OTB 再經 FAS 處理後可得到較佳之白度安定性。H₂O₂ 漂白經 FAS 還原處理，漂白漿白度可達 74.7% ISO。Hypo · H₂O₂ 系統所得紙漿再經 FAS 處理白度可達 72.8%。H₂O₂ 漂白漿再經 FAS 處理則有白度改善效果，白度安定性卻沒有明顯的改善。以 Hypo · H₂O₂ 漂白系統的漂白漿經 FAS 處理後白度沒有提升，白度安定性亦無明

Table 10. Brightness of old telephone books (OTB) with different bleaching processes

Process	Brightness (% ISO)
DIP	50.9
DIP(hypo 5)	55.0
DIP(hypo 5)-H ₂ O ₂ (2%)	60.5
DIP(hypo 5)-H ₂ O ₂ (2%) ¹⁾ -H ₂ O ₂ (10%)	63.5
DIP(hypo 5)-H ₂ O ₂ (10%)-H ₂ O ₂ (2%)*	68.9
DIP(hypo 5)-H ₂ O ₂ (2%)*-H ₂ O ₂ (15%)	68.5
DIP(hypo 5)-H ₂ O ₂ (15%)-H ₂ O ₂ (2%)*	74.4

¹⁾Addition of 3.35% TAED.

Table 11. Effect of bleaching sequence and FAS addition on the PC number of old telephone books (OTB)

Bleaching process	Brightness (% ISO)	PC no.	FAS	
			Brightness (% ISO)	PC no.
DIP	50.9	4.99	—	—
DIP-H ₂ O ₂ (2%) ^{*1)}	58.2	5.70	59.9	6.29
DIP-H ₂ O ₂ (2%)*-H ₂ O ₂ (15%)	70.6	5.68	74.7	4.15
DIP · hypo 5-H ₂ O ₂ (2%)	60.5	26.69	56.2	30.92
DIP · hypo 5-H ₂ O ₂ (10%)	60.7	21.69	63.4	20.39
DIP · hypo 5-H ₂ O ₂ (15%) -H ₂ O ₂ (2%)*	74.2	14.95	72.8	14.88
DIP · hypo 5-H ₂ O ₂ (2%)*-H ₂ O ₂ (15%)	69.1	17.35	72.6	15.04

¹⁾Addition of 3.35% TAED.

Table 12. Brightness increment of OTB after Hypo · H₂O₂ treatments

Treatment	Brightness (% ISO)	H ₂ O ₂ consumed (g/% ISO)	Kappa no.	Yield (%)	Freeness (CSF, mL)
1% NaOCl ¹⁾	52.6	—	94.03	98.63	248
1% NaOCl · H ₂ O ₂ 5%	58.9	0.703	92.57	94.66	236
1% NaOCl · H ₂ O ₂ 10%	65.1	0.654	86.91	91.91	211
1% NaOCl · H ₂ O ₂ 15%	67.0	0.743	86.75	89.25	259
3% NaOCl	54.8	—	85.71	94.90	286
3% NaOCl · H ₂ O ₂ 5%	61.6	0.680	82.02	86.53	182
3% NaOCl · H ₂ O ₂ 10%	69.0	0.611	81.02	85.89	187
3% NaOCl · H ₂ O ₂ 15%	70.1	0.778	80.04	85.45	184
5% NaOCl	56.6	—	85.20	91.68	213
5% NaOCl · H ₂ O ₂ 5%	63.1	0.714	85.67	79.51	163
5% NaOCl · H ₂ O ₂ 10%	70.4	0.620	81.80	76.85	151
5% NaOCl · H ₂ O ₂ 15%	70.6	0.848	78.48	75.80	144

¹⁾NaOHCl bleaching, soaking 10min.

顯的改善。

Table 12 為 OTB 各 Hypo · H₂O₂ 系統漂白之收率、白度及漂白效率，Hypo 1%，3%，5% 處理過後之紙漿再經 H₂O₂ 漂白，收率隨白度增加而下降，因此應視需求白度決定漂白劑用量。

每提昇紙漿 1% ISO 白度所需的 H₂O₂，以 10% 添加率最高。因此系列漂白可將有色廢紙脫墨漿漂白至 70% ISO 左右，主要之白度差異在 H₂O₂ 處理段。如再提昇白度可利用 H₂O₂ 活性化劑做最後之修飾處理。

三、紙張物理性質

廢紙回收過程由於物理性質上之改變，如纖維間鍵結破壞、內部纖維軟化及纖維短

小化以致降低紙張強度。一般可藉機械處理(打漿)、混合原生漿、加入化學添加物、分篩、化學處理及紙機製程上的改變來增加或恢復紙張強度。Table 13 為舊電話簿紙脫墨漿在不同有效氯之 Hypo 浸漬下，再以 5-15% H₂O₂ 用量之 NaOCl · H₂O₂ 漂白系統所得漿之物理性質。顯然經過各種不同用量 H₂O₂ 漂白下其紙張密度隨著用量增加而增加。相對的各種紙力如抗張指數、破裂指數及耐摺力等均隨之增加。過氧化氫漂白時漂白液中的鹼及 H₂O₂ 本身對回收機械漿之引張強度具有正面效應。綜合強度以 3% NaOCl 浸漬後之紙力較高於其他二組。一般而言，過氧化物漂白會增加紙張密度，因此會改善纖維間之鍵結強度，回收用纖維若含大量之電話簿紙則漂白性較

Table 13. Physical properties of old telephone books(OTB) bleached by a NaOCl · H₂O₂ system

OTB	Density (g/cm ³)	Tensile index (N · m/g)	Tearing index (mN · m ² /g)	Bursting index (Kpa · m ² /g)	Folding endurance (double folds)	Strength ¹⁾ index
Hypo 1	0.44	35.6	10.6	2.2	27	12.0
Hypo 1 · H ₂ O ₂ 5%	0.47	39.6	10.2	2.1	34	12.0
Hypo 1 · H ₂ O ₂ 10%	0.47	44.8	10.3	2.3	48	12.8
Hypo 1 · H ₂ O ₂ 15%	0.54	49.0	10.3	2.5	80	13.5
Hypo 3	0.48	41.6	9.4	2.3	44	12.0
Hypo 3 · H ₂ O ₂ 5%	0.57	52.4	9.0	2.8	91	13.5
Hypo 3 · H ₂ O ₂ 10%	0.58	55.4	8.6	3.0	103	13.8
Hypo 3 · H ₂ O ₂ 15%	0.61	58.4	8.3	3.1	97	14.0
Hypo 5	0.59	48.7	8.1	2.6	55	12.3
Hypo 5 · H ₂ O ₂ 5%	0.66	59.2	5.5	3.0	61	12.3
Hypo 5 · H ₂ O ₂ 10%	0.56	51.0	8.5	3.1	76	13.2
Hypo 5 · H ₂ O ₂ 15%	0.57	53.6	8.5	3.2	86	13.6

¹⁾Reference: Sekine, 1961.

難，唯一方法須使用高 H₂O₂ 用量。Lachenal and Bourson (1987) 及 Law and Valade (1994) 在機械木漿漂白時有類似之結果。依上述白度、經濟性收率及漂白漿強度等推論 hypo · H₂O₂ 系統用於 OTB 脫墨漿等漂白下，以 3% hypo 處理及 H₂O₂ 10% 漂白為較佳之條件。

結論

一、回收新聞紙脫墨漿以包含還原劑 FAS 進行漂白，可漂至超過原紙的白度，分段添加漂白更可漂至白度 60% ISO 以上。

二、回收影印紙脫墨漿的漂白，以 FAS 或 H₂O₂ 單段漂白在添加量 2% 時二者均可提升白度至 80% ISO 左右。

三、OTB 單獨以 H₂O₂ 兩段漂白配合 H₂O₂ 活化劑(TAED)的最終修飾漂白，白度可達 70% ISO 以上，若再經 FAS 處理則白度可高達 74.7% ISO。

四、舊電話簿紙脫墨漿先經次氯酸鹽 1-5% 浸漬後，白度隨 H₂O₂ 用量增加而增加，H₂O₂ 10% 有最佳之漂白效率。Hypo · H₂O₂ 系統的漂白，白度可提升至 74.4% ISO 左右，再加

FAS 處理則無明顯之效果，因此，Hypo · H₂O₂ 系統漂白有色廢紙 DIP 後不需再經還原處理。

五、舊電話簿紙脫墨漿以 NaOCl 漂白，白度提升值及 H₂O₂ 消費量隨濃度增高而增加，卡巴值隨之減低。以 3% 有效氯浸漬及 H₂O₂ 用量 10% 時即可漂白至 70% ISO，可供工業界實際應用。

六、舊電話簿紙脫墨漿在不同有效氯浸漬後，以 5-15% H₂O₂ 不同用量之 Hypo · H₂O₂ 漂白系統處理，會增進紙漿纖維間之鍵結，紙張密度及各種紙張物性隨著 H₂O₂ 用量增加而增加。

引用文獻

- Dumont, I., A. Fluet, J. Giasson, and P. Schepperd. 1994. Two applications of hydro-sulphite dye-stripping in paper recycling: yellow directory and colored ledger. *Pulp Paper Canada*. 95(12): 136-141.
- Hijiya, N. 1994. Current status of ozonal bleaching. Part I. *Jpn. J. Paper Technol.* 37 (14): 20-28. [in Japanese].
- Hijiya, N. 1995a. Current status of ozonal bleaching. Part II. *Jpn. J. Paper Technol.* 38 (1): 39-43. [in Japanese].

- Hijiya, N. 1995b.** Current status of ozonal bleaching. Part III. *Jpn. J. Paper Technol.* 38 (2): 25-33. [in Japanese].
- Hosoya, S. 1985.** Bleaching of chemical pulp with pollutant-free ozone bleaching. *Jpn. J. Paper Technol.* 28(11): 38-46. [in Japanese].
- Japan patent. 1992.** Method of pulp bleaching. 108-192.
- Korhonen, R., and A. Eversdijk. 1992.** Hydrogen peroxide a solution. Paper November: 50-51.
- Kronis, J. D. 1996.** Optimum conditions play major role in recycled fiber bleaching with FAS. *Pulp Paper.* 9: 113-117.
- Lachenal, D. C., and L. Bourson. 1987.** Bleaching high brightness. *Tappi J.* 3: 119-122.
- Law, K. N., and J. L. Valade. 1994.** Production of new grades of mechanical pulp. *Pulp Paper Canada* 95(4): 23-29.
- Lierop, B. V., and N. Liebergott. 1994.** Bleaching of secondary pulps. *J. Pulp Paper Science* 20(7): 206-210.
- Lapierre, L. J. Bouchard, R. M. Berry, and B. Vanlierop. 1995.** Chelation prior to hydrogen peroxide bleaching of Kraft pulps: an overview. *JPPS* 21(8): 268-273.
- Leduc, C., M. M. Sain, C. Daneault, and R. Lanouette. 1997.** Peroxide-activated peroxide-perborate : which one to use and where to add it in the bleaching of mechanical pulp. *Pulping Conference.* October 19-23, San Francisco, CA. Tappi Press, pp. 471-476.
- Muguet, M., and J. Kogan. 1993.** Ozone bleaching of recycled paper. *Tappi J.* 76(11): 141-145.
- Nakajima, S. 1995.** The future opportunities and problems in the new target of waste paper utilization in Japan. *Jpn. Tappi J.* 49(2): 215-231. [in Japanese with English summary].
- Ni, Y. Z. Li, and A. R. P. van Heiningen. 1997.** Minimization of the brightness loss due to metal ions in process water for bleached mechanical pulps. *Pulp Paper Canada* 98(10): 72-75.
- Okubo, K., and H. Ishikawa. 1985.** Bleaching of refined mechanical pulp by a NaO-Cl₂ peroxide system and the characteristic properties of bleached pulp. *Jpn. Tappi J.* 39(3): 39-48. [in Japanese with English summary].
- Pangalos, G. 1996.** Towards the optimization of multiple-stage bleaching processes: the case of peroxide brightening of CTMP. *Pulp Paper Canada* 97(3): 42-46.
- Sain, M. M., and C. Daneault. 1997a.** Comparison between peroxide prebleaching and postbleaching sequence of ONP with alternative chemicals: chances and limitations. *Pulp Paper Canada* 98(9): 49-53.
- Sain, M. M., and C. Daneault. 1997b.** Improved peroxide bleaching of deinked ONP with zeolite based replacement chemicals. *Appita J.* 50(1): 61-67.
- Sekine, K. 1961.** Strength indication of pulp and paper. *Jpn. Tappi J.* 15(123): 11-14. [in Japanese with English summary].
- Su, Y. C., and D. K. Sun. 1995.** Studies on the deinking of wastepaper. Part I. Establishment of a deinking sequence for old newspaper and the characterization and improvement of deinked pulp. *Taiwan J. For. Sci.* 10(3): 293-307. [in Chinese with English summary].
- Su, Y. C., R. Y. Yeh, and H. T. Chen. 1999.** Study on low polluting bleaching sequences for sulfate pulps. *Taiwan J. For. Sci.* 14(2): 105-117. [in Chinese with English summary].
- Su, Y. C., and H. T. Chen. 1999.** Enzyme ozone bleaching sequence and color reversion of ozonal bleached pulp. Unpublished data. [in Chinese with English summary].
- Taiwan Paper Industry Association. 1998.** The Statistics of Taiwan Paper Industry. TPIA Press, Taipei. [in Chinese].